

DESARROLLO DE UN SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA DURANTE LA CAMPAÑA PREVIMET MEDITERRANEO-87

**R. Riosalido
A. Rivera
F. Martín León**

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción

1. INTRODUCCION

La vigilancia de la actividad convectiva en el Mediterráneo durante los meses de otoño es un elemento fundamental de la actividad de la campaña Previmet. Es bien sabido que en esta época del año y debido a las especiales circunstancias de la zona, como son la importante fuente de calor y humedad que constituye el propio mar Mediterráneo, la topografía que lo rodea, y en algunas ocasiones las interacciones entre circulaciones de latitudes medias y otras de carácter subtropical, resulta ser una zona especialmente propicia al desarrollo de la actividad convectiva. Del examen de las imágenes de satélite correspondientes a los episodios de lluvias fuertes registrados durante las pasadas campañas (1) se extrae la consecuencia de que en su mayor parte éstos han sido producidos por estructuras convectivas con un mayor grado de organización dentro de la mesoescala que las simples tormentas.

R. A. Maadox acuñó en 1980 el término de Complejo Convectivo de Mesoescala (2) para referirse a algunas de estas estructuras convectivas. Su definición, basada en criterios extraídos de las imágenes infrarrojas de satélite, es bastante restrictiva en cuanto a tamaño se refiere, por lo que no resulta muy habitual identificarlas en el área Mediterránea. Sólo en algunos casos excepcionales se cumplen estas condiciones; recordemos el Complejo Convectivo de Mesoescala responsable de las inundaciones de Valencia en octubre de 1982 (3), (4), (5), (6); pero por lo general resulta más habitual observar en el área Mediterránea estructuras convectivas de menor tamaño, pero de una apariencia muy similar. Estas estructuras, que en la literatura se han venido a denominar Sistemas Convectivos de Mesoescala, son los responsables de la mayor parte de las precipitaciones intensas que se registran en el litoral mediterráneo durante las campañas Previmet.

En este trabajo se analiza el episodio que afectó a la zona de Gandía en noviembre de 1987. En esta ocasión, y como veremos a lo largo del trabajo, la interacción entre diversos elementos y escalas dio lugar a la formación de un Sistema Convectivo que permaneció prácticamente estacionario sobre una misma zona geográfica por un tiempo aproximado de 36 h.; esta persistencia, unida a la alta eficiencia que mostró en algunos momentos, dio lugar a que se recogiesen cantidades superiores a los 1.000 mm en diversos puntos, con máximos en 24 h.

del orden de 800 mm (que igualan la media anual) (7). En la figura 1 se presenta un mapa pluviométrico de las precipitaciones totales registradas desde las 8 h. del día 2 a las 8 h. del día 5 de noviembre de 1987.

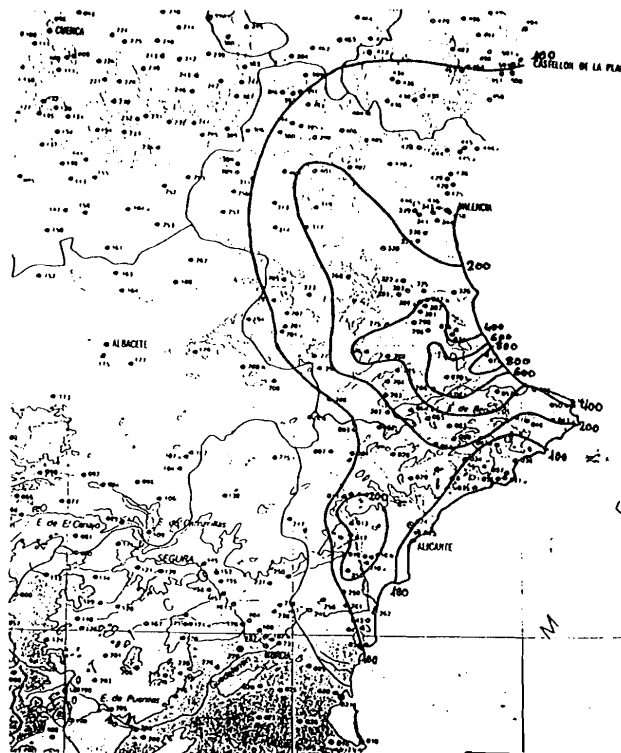
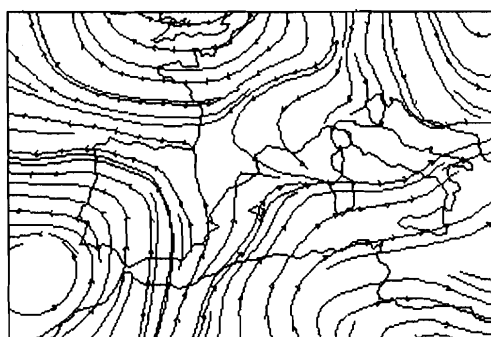


Figura 1. Precipitación acumulada (de 8 h. del día 2 a 8 h. del día 5).

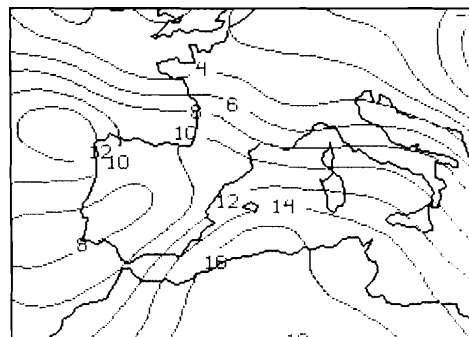
2. EVOLUCION SINOPTICA

El marco sinóptico en el que se desarrollaron estas fuertes precipitaciones viene caracterizada por la presencia de dos elementos fundamentales: el primero, como en muchas otras ocasiones, se trata de una baja fría en las proximidades del golfo de Cádiz, desplazándose lentamente hacia el Este; el otro elemento, menos habitual, lo constituye la presencia de una vaguada orientada en dirección NE-SW sobre Europa, que se mueve también muy lentamente. La evolución de la situación viene marcada por el juego entre ambos sistemas, los cuales, al aproximarse mutuamente, dan lugar a una configuración sinóptica muy estacionaria.

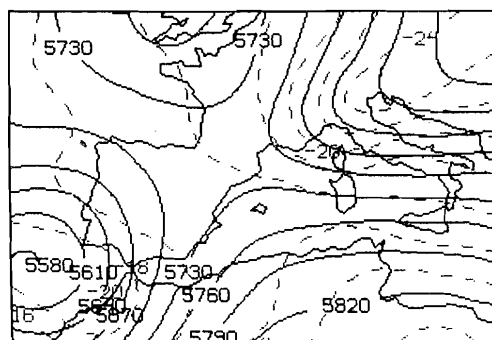
En efecto, en la figura 2a puede apreciarse la posición de ambos sistemas en la topografía de 500 y 300 mbs, así como la de la dorsal situada entre arribos según el análisis objetivo del I.N.M. correspondiente a la situación a las 00z del día 3 de noviembre. El flujo en niveles bajos, según denotan las líneas de corriente en 850 mbs, es del SSW con una cierta advección cálida sobre el SE español. La imagen de satélite (figura 2b) correspondiente a la misma hora refleja la presencia de dos bandas nubosas asociadas a la baja que se mueven hacia el NE. Es de destacar también cómo la zona de deformación entre los dos sistemas mencionados de altura (baja y vaguada) queda perfectamente identificada en la imagen de satélite limitando con un borde nítido la estructura nubosa por el Norte. También en niveles bajos se aprecia una zona de deformación del flujo según una línea Cantábrico-Pirineos, que posteriormente jugará un papel muy importante. Durante las siguientes horas, las imágenes de satélite revelan el avance de las bandas nubosas hacia el NE y es en el seno de la primera banda y aproximadamente sobre las 03:30z cuando se desarrolla un primer núcleo convectivo frente al golfo de Valencia. La banda nubosa sigue su avance al tiempo que se va disipando mientras se acerca a la zona de deformación, pero el núcleo convectivo originado no acompaña a la banda en su movimiento, si bien al contrario permanece sobre la misma zona y se aproxima lentamente hacia la costa, al mismo tiempo que surgen otros núcleos convectivos más hacia el Sur.



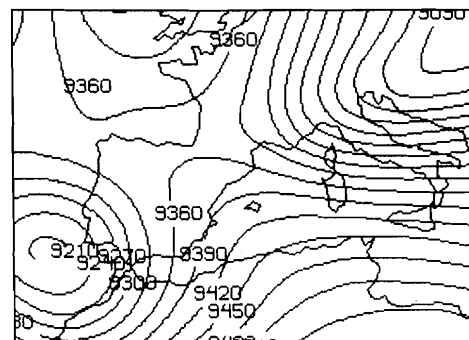
STR TIME D. DAY 87307, 850. MB



T (C) TIME D. DAY 87307, 850. MB



Z (M) TIME O, DAY 87307, 500. MB
T (C) TIME D. DAY 87307, 500. MB



Z (M) TIME O, DAY 87307, 300. MB

Figura 2a. Análisis correspondientes a las 00z del día 3-nov.-87.

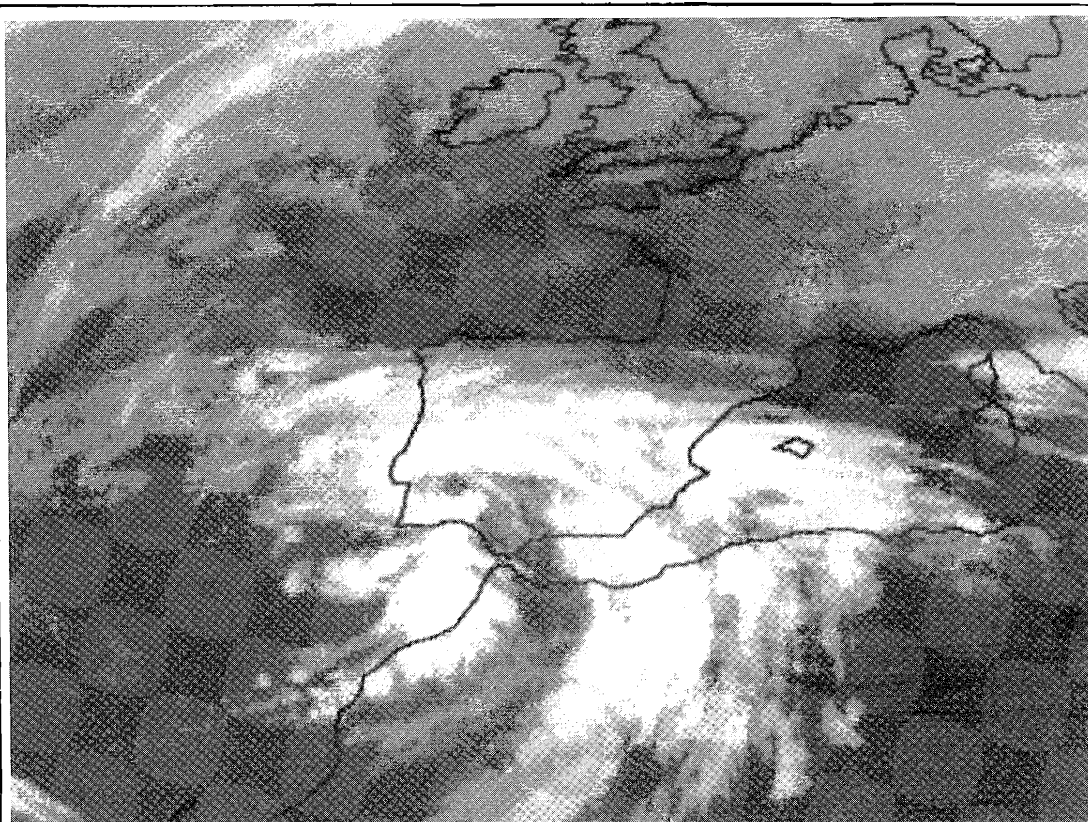


Figura 2b. Imagen infrarroja Meteosat del 2-nov.-87 a 23:30z.

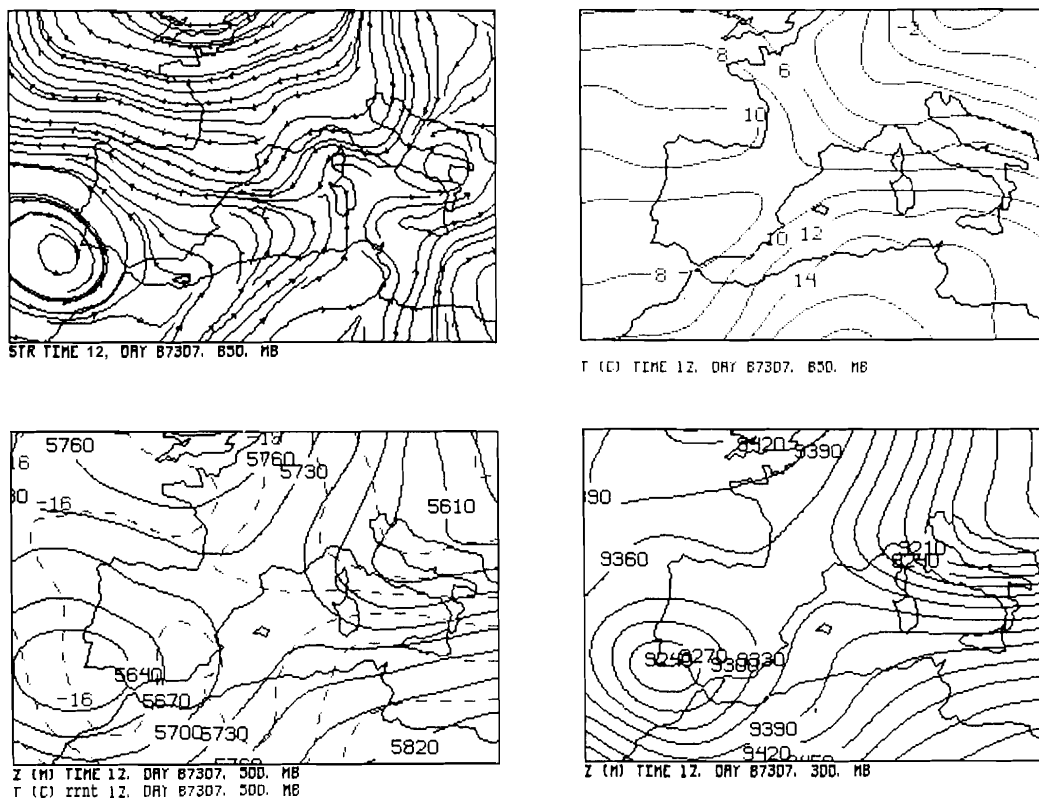


Figura 3a. Análisis correspondientes a las 12z del día 3-nov.-87.



Figura 3b. Imagen infrarroja del Meteosat el día 3-nov.-87 a 12:30z.

En la figura 3a podemos apreciar la situación a las 12z del día 3, la baja se ha rellenado algo y se ha desplazado ligeramente hacia el Este; también la vaguada europea se ha desplazado, algo al tiempo que la dorsal entre ambas ha sufrido un retroceso. En la imagen de satélite (figura 3b) correspondiente se aprecia cómo la primera banda nubosa se ha desplazado perdiendo algo su identidad, dejando atrás, entre ella y la segunda banda, dos sistemas convectivos aislados, uno sobre la zona de Gandía y otro sobre la región murciana. Un cambio importante que se aprecia es en la dirección del flujo en niveles bajos, las líneas de corriente en 850 denotan el desplazamiento hacia el Sur de la zona de deformación, dando como resultado ahora una componente neta del Este sobre la costa valenciana, que va a servir para alimentar los sistemas convectivos formados.

El día 4, a las 00z (ver figura 4.a), la situación es bastante parecida, la baja se ha debilitado aún más y la vaguada permanece prácticamente en la misma posición; en la imagen de satélite (figura 4.b) apenas quedan restos de las bandas nubosas anteriores; pero sí aparecen bien nítidos dos sistemas convectivos próximos en la costa valenciana y murciana, en una zona donde el flujo en altura es muy débil y el forzamiento sinóptico también. Estos sistemas convectivos siguen siendo alimentados en las capas bajas por flujo cálido y húmedo de componente Este.

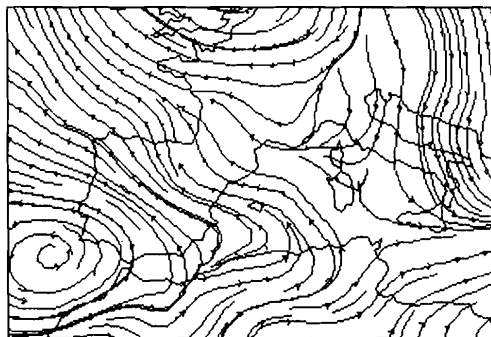
A las 12z del día 4 (fig. 5a), la situación en altura continúa bastante estacionaria, únicamente es de destacar un pequeño núcleo cálido que aparece en 500 mbs sobre la zona de Gandía, que coincide con una pequeña dorsal en 300 mbs, y que podemos atribuir a la perturbación inducida por el propio sistema convectivo y a las importantes cantidades de calor latente liberado por el sistema. También en niveles bajos aparece una diferencia importante, si bien el flujo sigue siendo de componente Este, ahora se trata de una masa de aire de procedencia del Nordeste y no del Sureste, como ocurría anteriormente. En la imagen de satélite correspondiente (fig. 5b) se observa cómo continúa anclado en la misma zona el sistema convectivo; al tiempo que ya presenta síntomas de decaimiento, disipándose prácticamente una hora después.

Desde el punto de vista sinóptico se trata de una situación en la que se pueden esperar precipitaciones en el Sureste, pero desde luego resulta muy difícil justificar sinópticamente las grandes cantidades de precipitación registradas, así como su focalización en un área muy reducida. Por tanto, debemos buscar elementos en diferentes escalas que hayan contribuido a la **focalización** y al **mantenimiento** de la convección en el área en cuestión, para ello veamos con más detenimiento la evolución de los sistemas convectivos implicados.

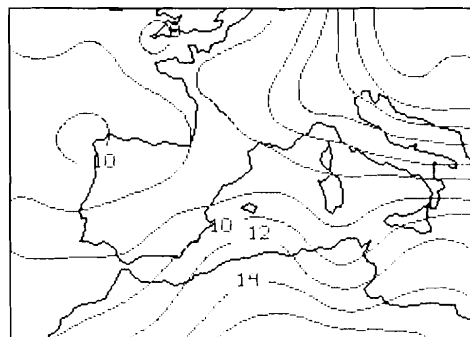
3. EVOLUCION DE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS

Como ya se ha comentado, son varios los sistemas convectivos implicados en el episodio. El primer brote convectivo aparece embebido en el seno de la primera banda nubosa sobre las 03:30z del día 3 y frente a las costas valencianas; este pequeño núcleo crece lentamente y en vez de desplazarse con la banda nubosa se traslada lentamente hacia la costa, de manera que a las 09:30z adquiere ya una cierta estructura de sistema convectivo diferenciado y se sitúa ya sobre la costa de Gandía. Al mismo tiempo, un nuevo núcleo convectivo aparece más al Sur, que sufre un rápido crecimiento convirtiéndose rápidamente en otro sistema convectivo, tal y como se puede apreciar en la figura 6a, correspondiente a la imagen infrarrojo realzada de las 11:30z (ver fig. 7 para explicación del realce aplicado). El primer Sistema Convectivo, al que llamaremos A y que está situado en la zona de Gandía, permanece prácticamente estacionario sobre la misma zona durante las próximas horas, mientras que el segundo (le llamaremos B) se desplaza muy lentamente siguiendo la costa hacia el Nordeste.

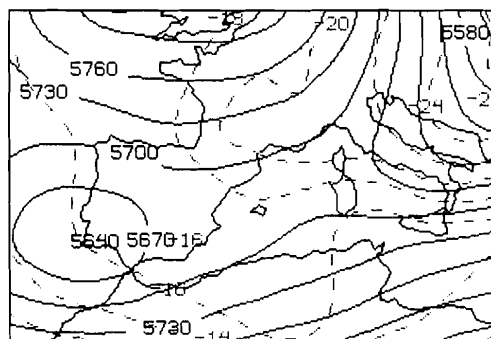
A las 15:30z aparece un nuevo brote convectivo al Sur de Sierra Nevada (C) en el seno de una banda nubosa menos organizada que las anteriores y que también sufre un crecimiento espectacular, de manera que a las 16:30z ya tenemos tres sistemas convectivos bien diferenciados, tal y como se puede apreciar en la figura 6b. Durante las siguientes horas, los sistemas B y C se desplazan lentamente en dirección NE al mientras que el A permanece prácticamente estacionario. El movimiento más rápido del sistema C hace que alcance al B y se produzcan interacciones entre ambos dando lugar a su fusión a las 21:30z, dando como resultado un sistema único (al que llamaremos D) que continúa su desplazamiento en dirección NE acercán-



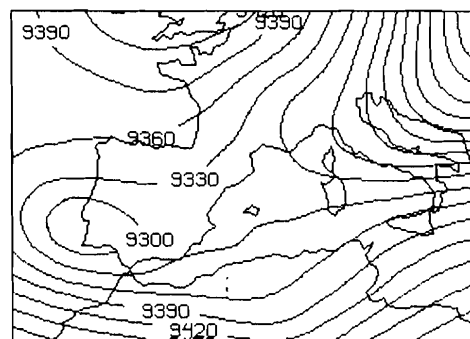
STR TIME D. DAY 87308. 850. MB



T (C) TIME D. DAY 87308. 850. MB



Z (M) TIME D. DAY 87308. 500. MB
T (C) TIME D. DAY 87308. 500. MB



Z (M) TIME D. DAY 87308. 300. MB

Figura 4a. Análisis correspondientes a las 00z del día 4-nov.-87.

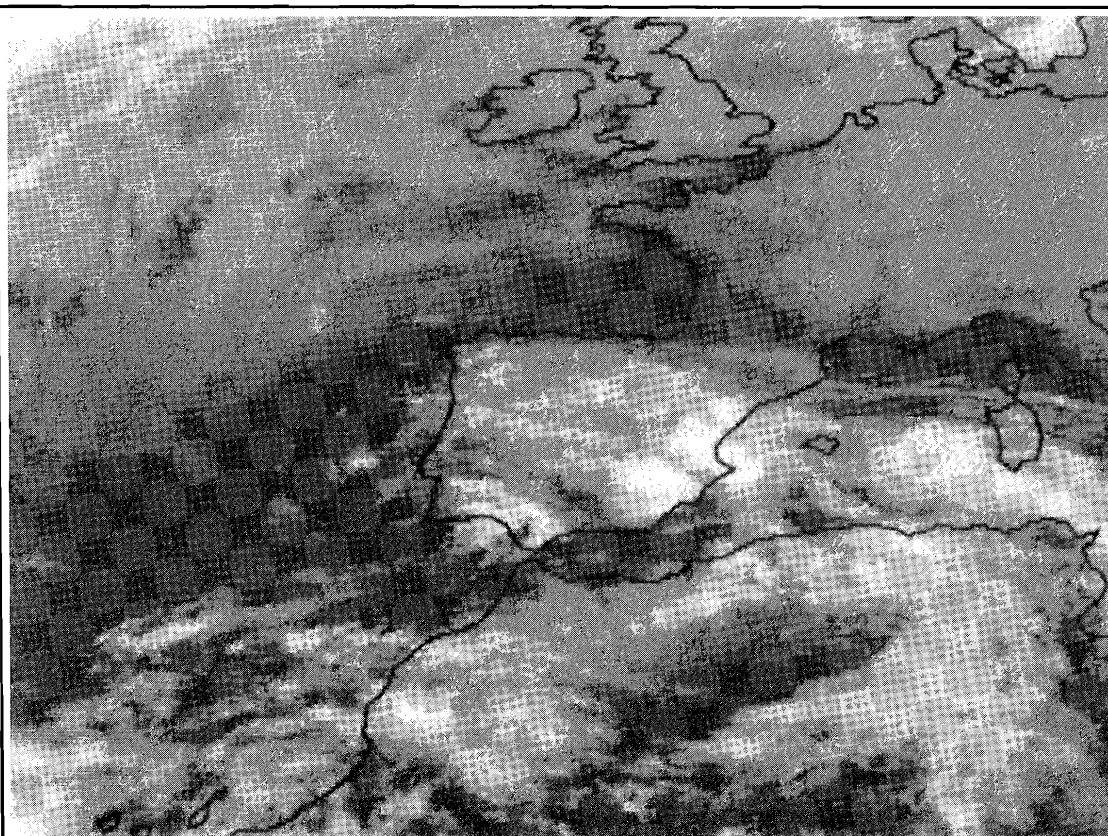
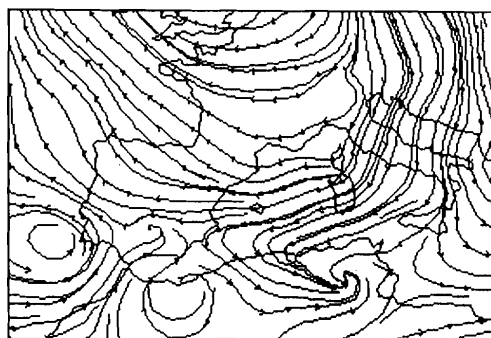
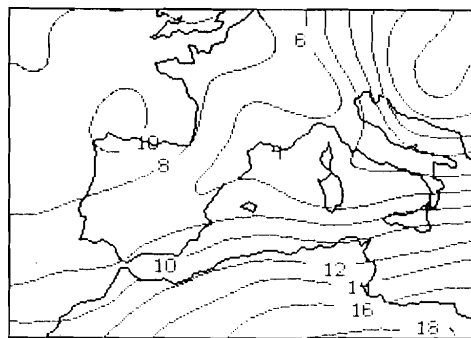


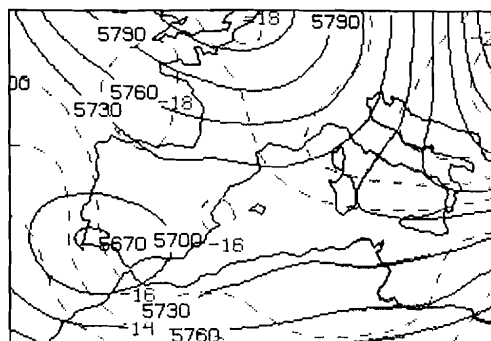
Figura 4b. Imagen infrarroja del Meteosat el día 3-nov.-87 a 23:30z.



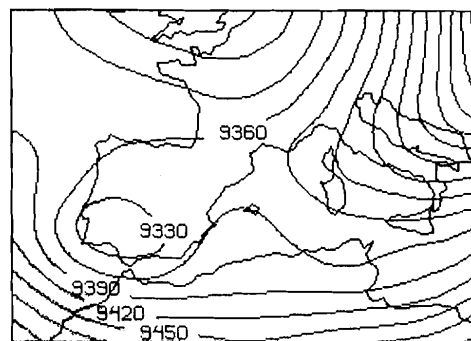
STR TIME 12, DAY 87308, 850, MB



T (C) TIME 12, DAY 87308, 850, MB



Z (M) TIME 12, DAY 87308, 500, MB
T (C) TIME 12, DAY 87308, 500, MB



Z (M) TIME 12, DAY 87308, 300, MB

Figura 5a. Análisis correspondientes a las 12z del día 4-nov.-87.

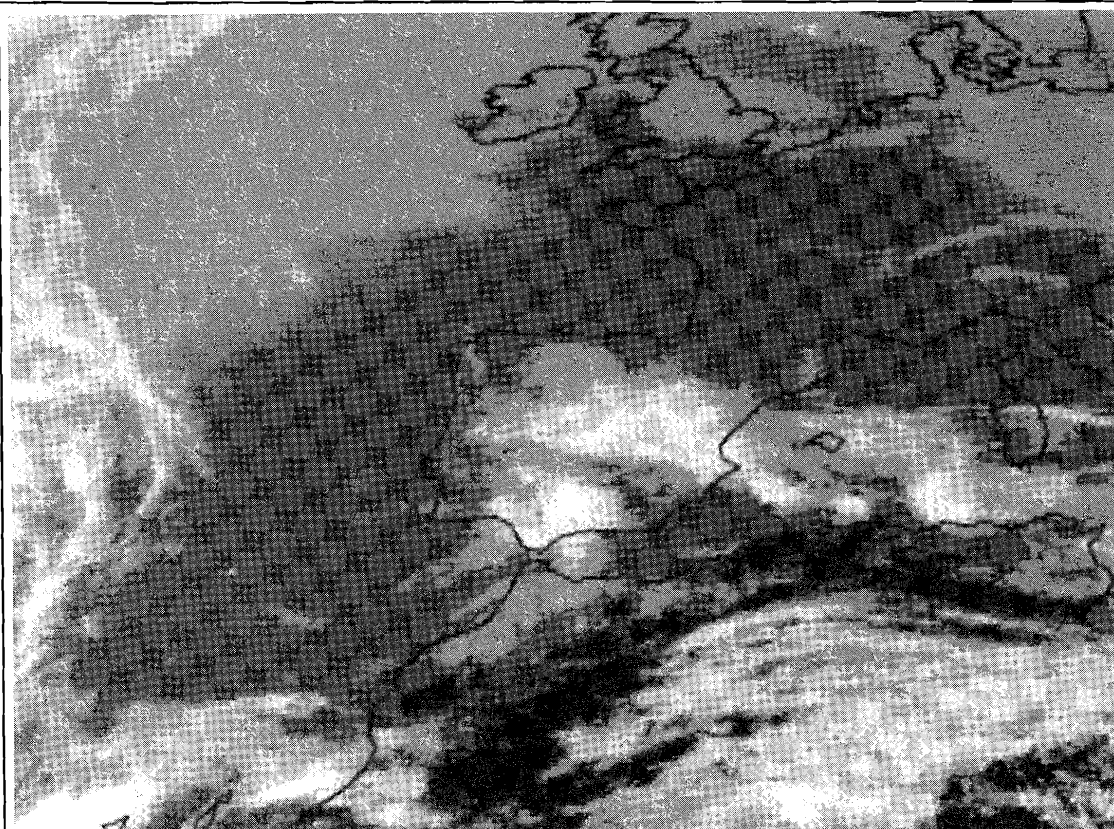
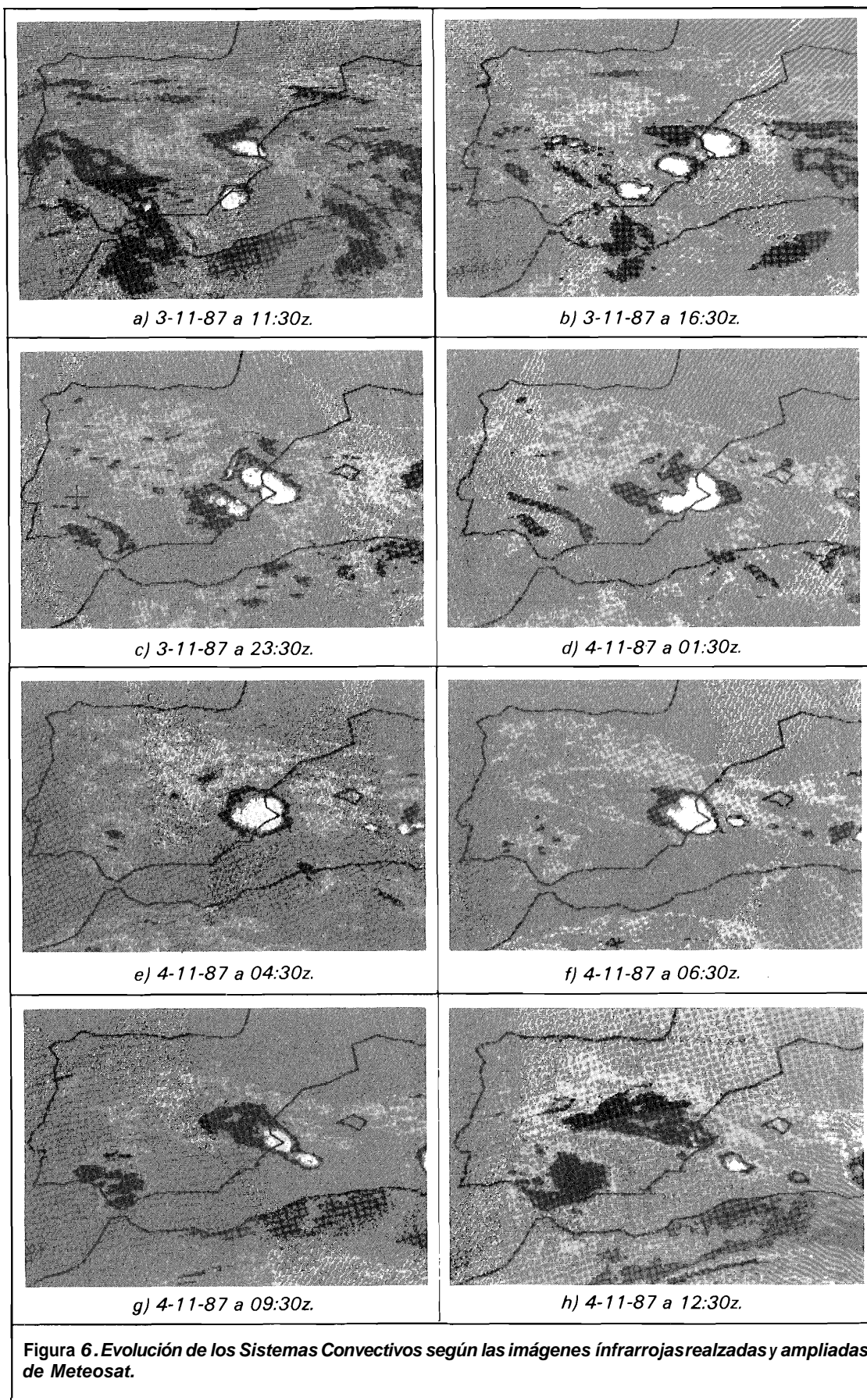


Figura 5b. Imagen infrarroja del Meteosat el día 4-nov.-87 a 12:30z.

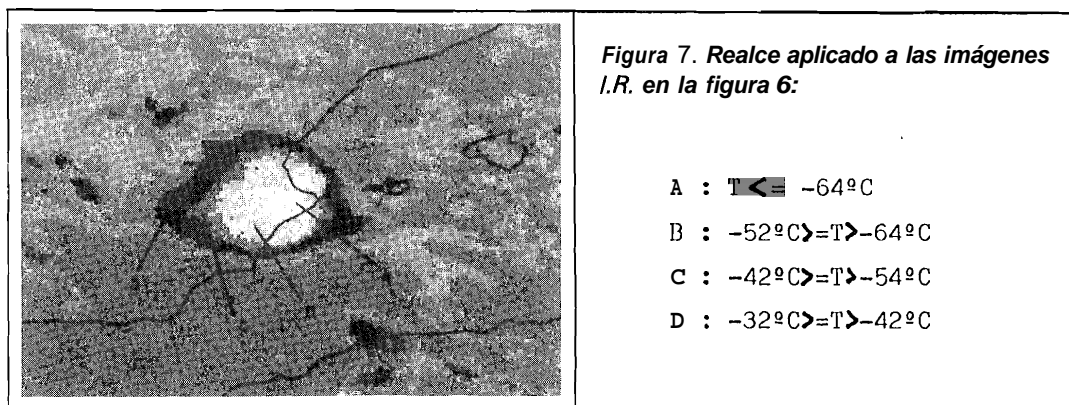


dose al sistema principal A, tal y como se puede apreciar en la figura 6c correspondiente a las 23:30z del día 3.

Por fin, sobre las 01:30z del día 4 se produce la interacción entre los sistemas A y C que se fusionan en un único sistema (al que seguiremos llamando A) (ver fig. 6d). Durante las siguientes horas el nuevo sistema, fruto de la fusión de los anteriores, adopta una forma casi circular con un núcleo central con temperaturas muy bajas (ver por ejemplo fig. 5e correspondiente a las 04:30z) que recuerda extraordinariamente a los Complejos Convectivos de Maadox si no fuese porque su extensión no alcanza las dimensiones mínimas exigidas; así, por ejemplo, en este momento el área cubierta bajo las isotermas de -32°C y -52°C es del orden de 54.000 y 27.000 km^2 respectivamente (algo más de la mitad de las condiciones de Maadox).

La evolución posterior parece también marcada en alguna medida por las interacciones convectivas. En efecto, a las 05:30z aparece un nuevo núcleo convectivo al Sur de la isla de Ibiza; a medida que éste va creciendo, el sistema "A" va adoptando una forma más elongada alargándose hacia el SE (ver fig. 6f), hasta que a las 09:30z se produce un intento de fusión entre ambos sistemas (ver fig. 6g) que no parece prosperar, puesto que los dos núcleos más fríos de ambos sistemas se mantienen separados hasta que a las 11:30z la separación es ya completa y comienza a decaer muy rápidamente el sistema, de manera que a las 12:30z ya no queda más que una extensa región de nubes medias sin apenas toques fríos (ver fig. 6h), momento en que se puede dar por disipado el sistema convectivo. Recuérdese que desde la aparición del primer brote convectivo (03:30z del día 3) han pasado casi 34 horas y que durante todo este tiempo el sistema A se ha mantenido prácticamente anclado sobre la misma zona, lo que constituye todo un récord de persistencia y que puede explicar muy bien las grandes cantidades de precipitación acumulada y su focalización.

Por último conviene reseñar que si bien a las 13:30z el Sistema Convectivo ha desaparecido como tal, una nueva célula se desarrollará posteriormente en el borde Sur de la capa de nubes medias que constituyen los restos del sistema A. Esta célula posteriormente crecerá e incorporará parte de esta nubosidad remanente y dio lugar a la formación de un nuevo Sistema Convectivo que se desplazó hacia el Sur dando precipitaciones también importantes en la región murciana y del cual no nos vamos a ocupar aquí.



4. MECANISMOS DE FOCALIZACION

En definitiva ha quedado bien patente que las precipitaciones fueron causadas por un Sistema Convectivo de Mesoescala prácticamente cuasi-estacionario y realzado por las interacciones y fusiones con otros sistemas convectivos, pero queda por responder la principal cuestión: la razón del anclaje del sistema convectivo A, es decir, cuáles fueron los mecanismos de focalización que hicieron permanecer al sistema A en una misma zona mientras que los otros sistemas se desplazaban lentamente hacia el NE, ya que este movimiento diferencial favoreció las interacciones entre sistemas y su fusión mutua.

En primer lugar hay que tener en cuenta que el ambiente sinóptico en que se desarrollan estos Sistemas Convectivos está caracterizado por, en primer lugar, un forzamiento débil, sólo importante en los primeros desarrollos, debilitándose después, aunque sin llegar a oponerse.

Por otro lado, la situación sinóptica se mantiene bastante estacionaria durante todo este tiempo, con vientos en altura que resultan ser muy débiles del SE, no siendo suficientes para ejercer una conducción efectiva de los sistemas. Esto puede explicar el lento desplazamiento de los sistemas B y C hacia el NE.

Las causas del anclaje del sistema A hay que buscarlas en niveles bajos. Por un lado; el sistema principal recibe una alimentación continua de aire cálido y húmedo procedente del Este; es de suponer que la presencia de una barrera montañosa paralela a la costa, el Sistema Ibérico, contribuya, por un lado, a reforzar el movimiento ascendente al mismo tiempo que de alguna manera mantiene al Sistema Convectivo en el lado de barlovento. Por otro lado, una segunda barrera montañosa situada más o menos perpendicular a la línea de costa, la sierra de Aitana, contribuye también a mantener el Sistema Convectivo al norte de esta barrera, tal y como se puede apreciar por el fuerte gradiente en las isoyetas en la línea de cumbres de esta cadena montañosa.

Pero quizá uno de los elementos más importantes que contribuyó al anclaje del sistema y que de alguna manera le impidió desplazarse hacia el NE al igual que los demás sistemas fue la presencia de una frontera de tipo térmico orientada en dirección E-W que separaba dos masas de aire de características diferentes. En efecto, si se examinan las líneas de corriente en 850 mbs del día 3 a las 12z (fig. 3a) se puede observar claramente, como ya habíamos apuntado, una zona de deformación producida por la convergencia de aire procedente del NE y asociado a la progresión de la vaguada europea, y el procedente del SE asociado a la baja del golfo de Cádiz. Esta separación o frontera de masas de aire podría haber proporcionado de alguna manera la barrera u obstáculo para la progresión del Sistema Convectivo hacia el Nordeste. Esta frontera térmica queda muy bien reflejada en el campo de temperatura potencial equivalente. En efecto, según se puede apreciar en la figura 8, el día 3 a las 00z aparece un máximo

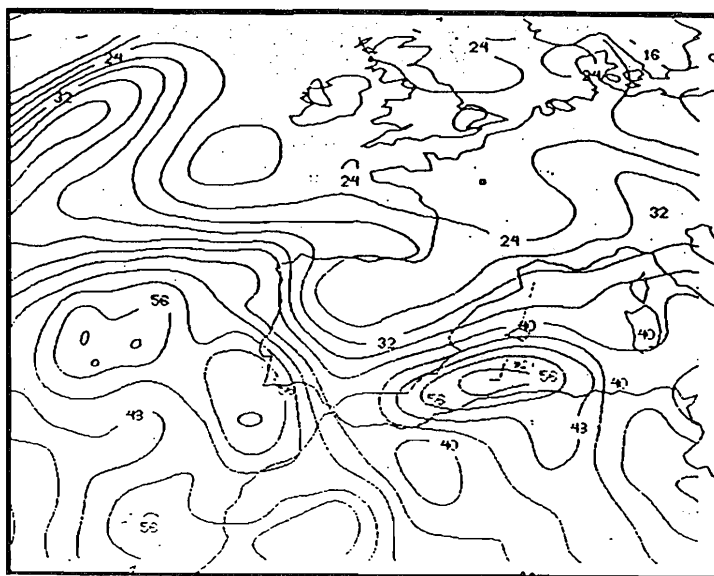


Figura 8. Temp. potencial equivalente a 1.000 mbs el día 3-11-87 a 00z.

de temperatura potencial equivalente en 1.000 mbs situado entre las islas Baleares y el Norte de Africa con un fuerte gradiente hacia el Norte, indicando, por un lado, una zona de fuerte inestabilidad potencial, al mismo tiempo que una separación clara de dos masas de aire diferentes. Veinticuatro horas más tarde, a las 00z del día 4, este máximo se mantiene al mismo tiempo que se aprecia cómo la actividad convectiva se encuentra en la zona de fuerte gradiente al Norte del máximo.

Así pues, podemos aventurar la hipótesis de que el Sistema Convectivo principal (el denominado A) se encontró de alguna manera atrapado entre barreras topográficas al Oeste y Sur y por una frontera térmica al Norte, al tiempo que recibía un influjo continuo, cálido y húmedo, por el Este; todo esto unido a una situación sinóptica estacionaria y con vientos débiles en altura, hizo que la convección iniciada se focalizase sobre una zona concreta y se mantuviese durante un largo período de tiempo, todo aquel en el que se mantuvieron las circunstancias.

Es con el cambio de flujo en niveles bajos al pasar éste a ser de componente NE cuando el Sistema Convectivo comienza a disiparse, y recuérdese, surgen nuevos brotes convectivos ahora más hacia el Sur.

5. CICLO DE VIDA

Un Sistema Convectivo de Mesoescala debe considerarse como algo más que una simple agrupación de tormentas, siguiendo a Zipser (8) éste puede ser considerado como una estructura nubosa junto con su **sistema de circulación** asociado que incluye durante la mayor parte de su vida un grupo de cumulonimbos, los cuales, en un momento dado, contribuyen a una cobertura común de nubes en la alta troposfera. Es decir, quizá la característica fundamental, o lo que lo distingue de una simple agrupación de tormentas, es una cierta estructura de circulación interna de mesoescala. En la definición de Maadox de Complejos Convectivos de Mesoescala (2), aunque se basa exclusivamente en las imágenes infrarrojo de satélite, subyace la hipótesis de que una cobertura continua y extensa de nubes con topos fríos y persistentes debe reflejar de alguna manera la existencia de una circulación interna de mesoescala que la soporte. Así pues, el ciclo de vida de un Sistema Convectivo de Mesoescala debe estar íntimamente ligado al desarrollo de esta circulación interna, y por lo dicho anteriormente, debe reflejarse en la evolución de esa cobertura continua de topos fríos en la imagen de satélite que caracteriza a estos sistemas.

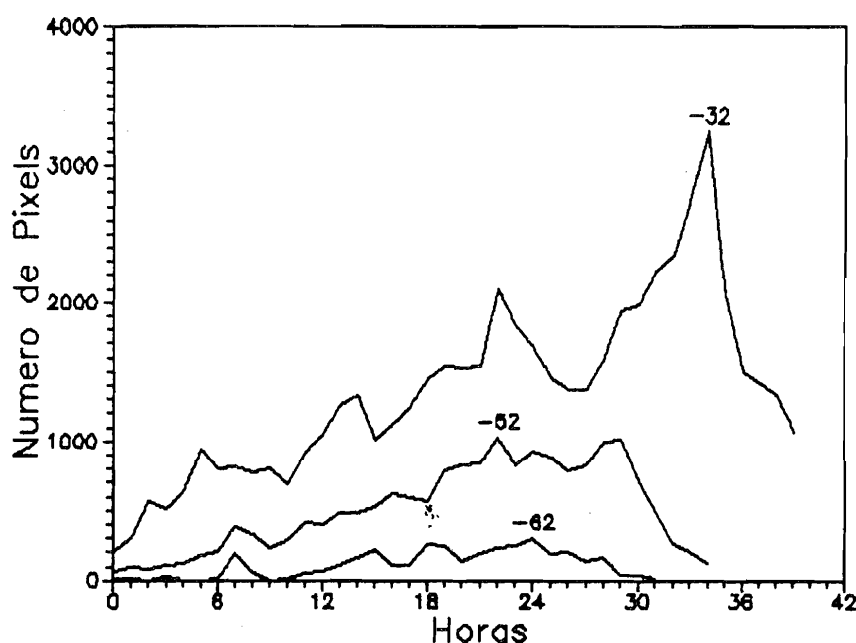


Figura 9. Área bajo las isotermas de -32° , -52° y -62° C (en número de píxeles) en la imagen I.R. de Meteosat (a partir de las 03:30z del 3-nov.-87)

Partiendo pues de estas hipótesis y teniendo en cuenta que no disponemos de otro tipo de datos que nos permitan profundizar en la circulación interna, hemos procedido a intentar estudiar y caracterizar de una manera objetiva el ciclo de vida del sistema por medio de la evolución del área cubierta por diferentes isotermas en la imagen de satélite.

En la figura 9 se ha representado la evolución temporal a lo largo de la vida del sistema principal (A) del área, en número de píxeles (un píxel aproximadamente igual a 35 km^2) cubierta por las isotermas de -32° , -52° y -62° C. La elección de estas isotermas se ha hecho teniendo en cuenta las utilizadas por Maadox en su definición (-32° y -52° C) y la de -62° C, porque corresponde muy aproximadamente a la temperatura de la tropopausa por lo que puede denotar "overshooting tops".

Por lo que respecta a las dos primeras, es decir, a las isotermas de -32° y -52° C, se observa cómo ambas crecen más o menos irregularmente pero de una forma continuada

hasta alcanzar un primer máximo brusco a las 01:30z del día 4 y que corresponde al momento de la fusión entre el sistema principal (A) y el resultante de la fusión previa de B con C. El crecimiento del área de $T \leq -52^{\circ}\text{C}$ resulta más uniforme que el de -32°C , como correspondería al progresivo establecimiento de una circulación interna de mesoescala. Inmediatamente después de la fusión se produce una importante contracción del área externa (-32°C), mientras que el área interna (-52°C), si bien disminuye un poco, se mantiene más o menos constante hasta las 08:30z; esto puede ser indicativo de que el área de -52°C resultante responde más a un mecanismo físico de acoplamiento y reforzamiento de las circulaciones de ascenso a mesoescala de ambos sistemas que a una simple suma de campos nubosos, como quizá ocurra con el área externa; esto además está de acuerdo con el hecho de que el área cubierta por toques más fríos ($< -62^{\circ}\text{C}$) alcanza su máximo de dos horas después de la fusión.

A partir de las 08:30z el área más fría disminuye muy rápidamente hasta casi desaparecer del todo a las 13:30z, momento que hemos definido como final del sistema A, simultáneamente a este brusco descenso se produce una fuerte expansión del área de -32°C para después disminuir rápidamente.

La evolución del núcleo más frío viene representado en la figura 10, en la que se han representado las áreas bajo las isotermas de -52° , -56° , -60° y -64°C .

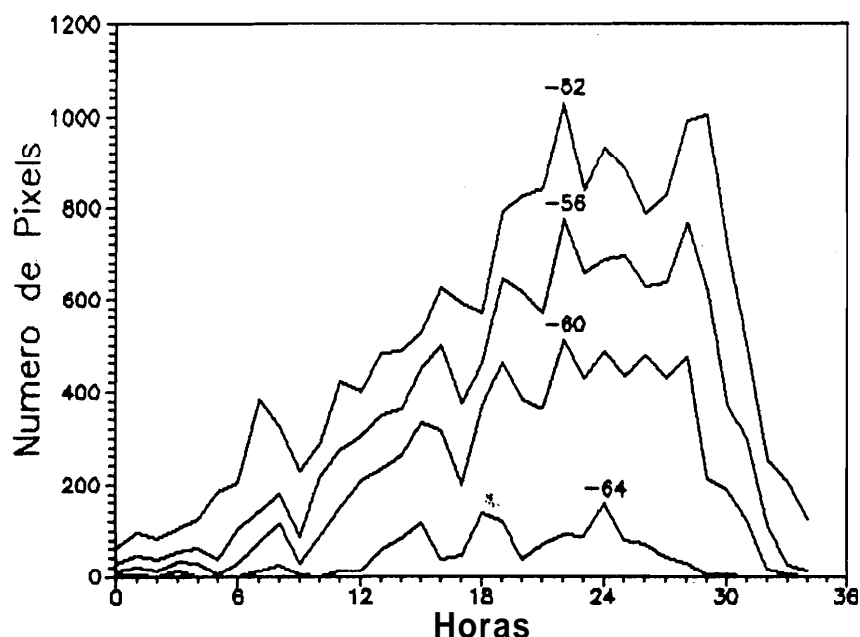


Figura 10. Área bajo las isotermas de -52° , -56° , -60° y -64°C (en número de píxeles) en la imagen I.R. Meteosat (a partir de las 03:30z del 3-nov.-87).

Lo primero que llama la atención es la fuerte variabilidad que presentan estas curvas, lo cual puede ser significativo de un cierto predominio de las circulaciones convectivas (de escala meso-beta) dentro del propio núcleo de ascenso mesoescálico. Las curvas correspondientes a -56°C y a -60°C presentan un comportamiento muy similar a la de -52°C ya comentada, es decir, una fase de crecimiento más o menos continuado, una fase más o menos estacionaria o de madurez (entre las 01:30z y las 08:30z del día 4) seguida de un descenso brusco, lo que nos podría llevar a establecer tres fases en el ciclo de vida del sistema: **a) Fase de Crecimiento:** entre las 03:30z del día 3 a las 01:30z del día 4. **b) Fase de Madurez:** entre las 01:30z y 08:30z del día 4. y **c) Fase de Disipación:** hasta las 13:30z del día 4.

Ahora bien, esta clasificación además de dar un período de crecimiento excesivamente largo (22 horas) parece estar excesivamente influenciado por el hecho de la fusión entre ambos sistemas y llevaría a la conclusión de que el sistema A sólo alcanza la madurez por fusión con otro sistema. Para obviar de alguna manera el efecto de la fusión y puesto que estamos interesados en la importancia relativa del área más fría respecto del resto del sistema, es

decir, la importancia relativa de la circulación interna, hemos representado en la figura 11 la variación temporal del área bajo la isoterma de -52°C (puntos) y el área que podríamos llamar externa, es decir, aquella en que $-32^{\circ}\text{C} > T > -52^{\circ}\text{C}$. En ella se puede apreciar algunos detalles interesantes.

En primer lugar se destaca cómo el crecimiento del área interna fría es más continuo que el del área externa, de tal manera que llega un momento en que el área externa, inicialmente muy superior, se ve igualada, e incluso sobrepasada por el área más fría. Así, en la gráfica se puede apreciar cómo se puede distinguir un período (entre las 18:30z del día 3 y las 01:30z del día 4) dentro del que antes hemos definido como Fase de Crecimiento, en que la extensión de las áreas internas y externas son muy similares; es sólo después de la fusión cuando el área más fría queda netamente por encima de la externa. Esto nos lleva a pensar que quizá el sistema A antes de su fusión con el otro sistema había alcanzado ya una cierta fase de madurez con una clara preponderancia de la circulación de ascenso de mesoescala que se ve potenciada por la fusión con el otro sistema convectivo. Un argumento más en favor de esta hipótesis es que si se examinan las temperaturas mínimas observadas en cada imagen, se observa cómo van disminuyendo hasta alcanzar un mínimo a las 18:30z con un valor de -68°C , para posteriormente estancarse por debajo de este valor.

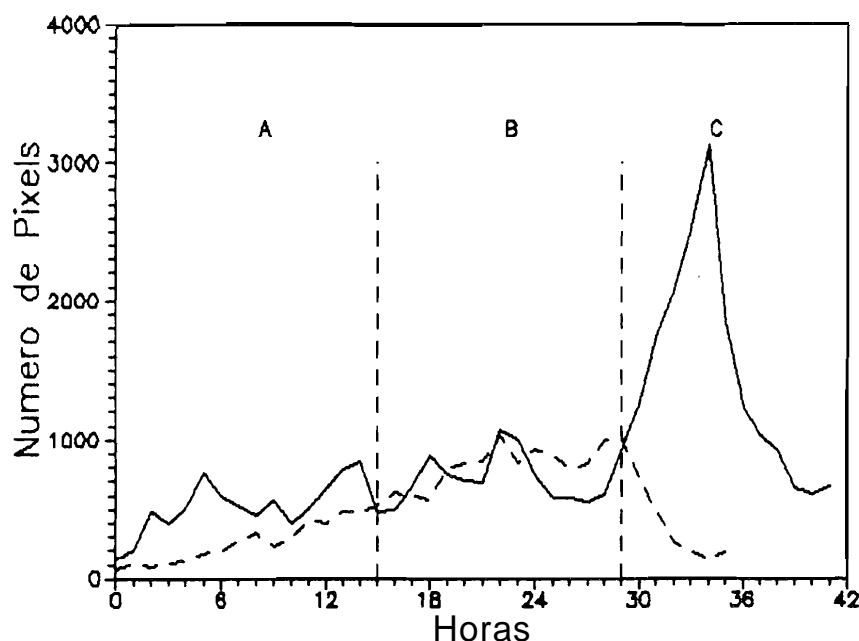


Figura 11. Número de pixels (desde las 3:30z del 3-nov.-87) bajo la isoterma de -52°C (puntos) y entre las isotermas de -32 y -52°C (línea continua) en la imagen I.R.

Esto nos podría llevar a definir objetivamente un ciclo de vida de este sistema convectivo desde el punto de vista de la relación entre el área en que $T \leq -52^{\circ}\text{C}$ (a la que denominaremos área fría AF) respecto del área en que $-32^{\circ}\text{C} > T > -52^{\circ}\text{C}$ (área cálida AC) y que vendría a significar (si asimilamos el área más fría, como hace Maadox, como representativa del área de ascenso mesoescalar) la importancia relativa de la circulación interna desarrollada en el MCS. Según esto, en el caso que nos ocupa se podrían distinguir las siguientes fases:

— **Fase de Desarrollo:** En la que ambas áreas, AF y AC, son crecientes, siendo $AF/AC < 1$ y se extendería hasta que el área AF igualase al área AC, o lo que es lo mismo, que el cociente $AF/AC = 1$. Esto significa que el 50% de la extensión del Sistema Convectivo está ocupado por un área continua de nubes frías, o lo que es lo mismo, que la circulación interna ha alcanzado un grado importante de desarrollo. En nuestro caso esta fase se extendería desde el comienzo (03:30z del día 3) hasta las 18:30z del mismo día 3, con una duración total de 15 horas.

Entre las 8 de la mañana del día 3 y las 8 de la mañana del día siguiente es cuando se producen las precipitaciones más importantes, que lógicamente coinciden con el desarrollo y fase de madurez del Sistema Convectivo. En la figura 13 se puede observar cómo las precipitaciones son importantes (superiores a 200 mm) en una amplia zona, pero que son extremadamente fuertes en una zona concentrada alrededor del valle de la Albaida, superando en algunos puntos los 800 mm (Oliva, 817 mm; Gandía, 720 mm). Desgraciadamente no se dispone de datos de intensidades de precipitación en esta zona, tan sólo se tiene la referencia de

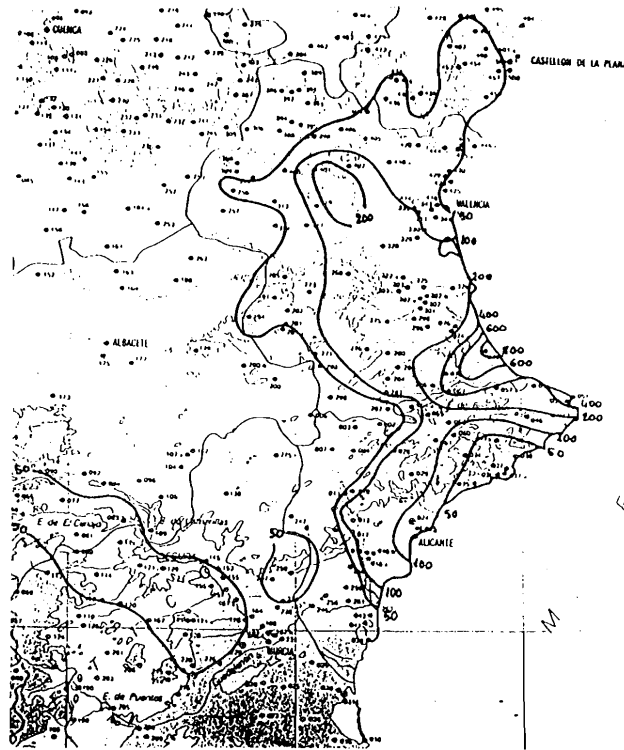


Figura 13. Precipitaciones de 8 h. del día 3 a 8 h. del día 4.

que en Gandía se registraron 470 mm en un período de tan sólo 4 horas durante la mañana del día 3 (aproximadamente entre las 12 y las 16 h.), lo que permite afirmar que aunque la persistencia del sistema sobre la misma zona es un factor fundamental para la cantidad total de precipitación, las fuertes intensidades registradas son indicativas, por un lado, de una mayor preponderancia de la precipitación convectiva en la fase de desarrollo del sistema (de acuerdo con el modelo conceptual de Zipser), y por otra, de una muy alta eficiencia de los elementos convectivos. A partir de las 8 horas del día 4 las precipitaciones afectan más a puntos situados más al interior, quedando el sistema reducido prácticamente a una masa de nubes medias a partir de las 12 horas. No obstante, posteriormente brotaría un nuevo desarrollo situado más hacia el interior y Sur, de manera que sus precipitaciones ya no afectaron al área de Gandía. (Ver fig. 14).

No se dispone de datos de intensidad de precipitación nada más que de las localidades de Algemesí y Villajoyosa, con el handicap de que ambas se encuentran algo alejadas de la zona donde se registraron las precipitaciones más intensas, como lo demuestra el hecho de que los totales no superaron los 250 mm en ambas localidades. Resulta difícil correlacionar estas intensidades de precipitación con el ciclo de vida del Sistema Convectivo, ya que esta relación dependerá de la posición relativa entre el observatorio y el sistema. No obstante, de la banda del pluviógrafo de Algemesí se pueden extraer algunas consecuencias importantes.

En la figura 15 se han representado las precipitaciones horarias registradas en Algemesí durante el episodio. Para interpretarla hay que tener en cuenta en todo momento la posición del Sistema Convectivo con respecto a la estación. Las precipitaciones comienzan entre las 2 y 3z del día 3 (momento de inicio del núcleo convectivo), con intensidades muy débiles (de 1 a 6 mm/h), precipitaciones que están asociadas a la banda nubosa que se desplaza hacia el NE.

Hasta aproximadamente las 08:30z (H + 5 en la gráfica) el Sistema Convectivo incipiente se mantiene al NE de Algemés, quedando esta localidad fuera de su radio de acción. A partir de esta hora comienza a moverse hacia el Sur, acercándose a la estación, que acaba quedando muy cerca de su borde Sur. Las precipitaciones comienzan de nuevo alrededor de las 10z

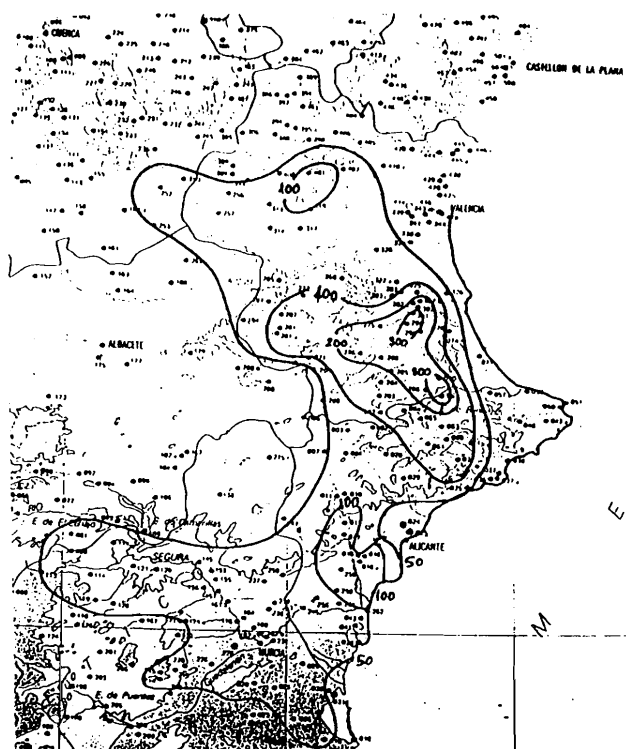


Figura 14. *Precipitaciones de 8 h. del día 4 a 8 h. del día 5.*

(H + 8 en la gráfica) y lo hacen débilmente hasta las 17 horas en que una reorientación del sistema hace que Algemés quede fuera de su radio de acción. Pero este alejamiento es sólo momentáneo, ya que de nuevo se aproxima y en esta ocasión la estación llega a quedar justo debajo del núcleo de temperaturas más frías en la imagen de satélite y es cuando comienzan a

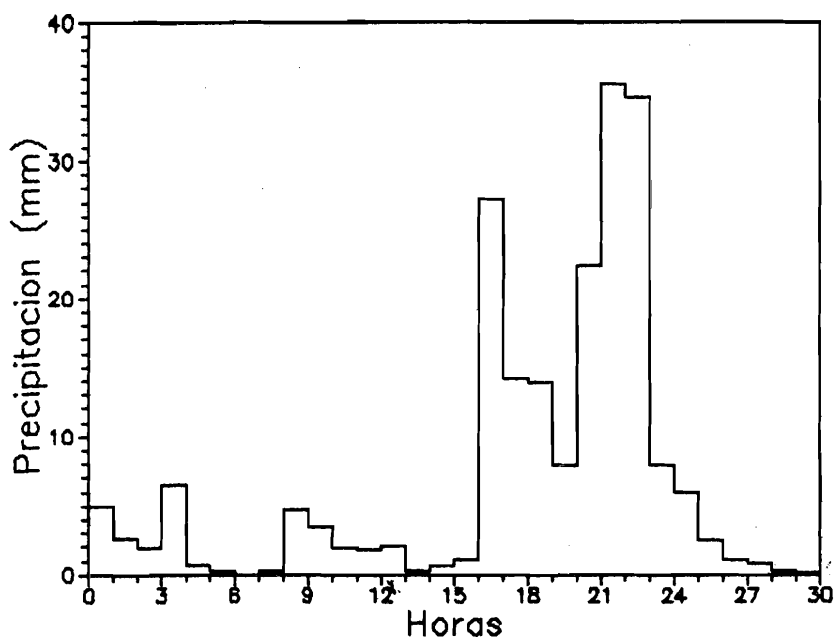


Figura 15. *Precipitaciones horarias en Algemés a partir de las 03:30z del día 3-nov.-87.*

producirse las precipitaciones más intensas, alcanzándose el máximo de intensidad horaria entre las 00z y 02z del día 4 (35,6 y 34,6 mm respectivamente), que recordemos una vez más es el momento en que se produce la interacción y fusión de los sistemas convectivos. A continuación la precipitación se va debilitando progresivamente hasta cesar alrededor de las 8 de la mañana, momento en que el Sistema Convectivo comienza a debilitarse.

7. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la predicción operativa son varios los problemas que estos sistemas presentan. El primero, desde luego, es el anticiparse a su formación, tarea nada fácil dado que por ejemplo los modelos numéricos no resuelven este tipo de estructuras. Una vez formados, el predecir su movimiento y evolución (ciclo de vida) resulta vital en las labores de predicción a corto plazo, y aquí una vez más las cosas se complican, ya que unido a la falta de modelos conceptuales claros y bien establecidos de ciclo de vida de estas perturbaciones, se unen las muy diferentes interacciones que pueden darse entre el Sistema Convectivo y otros elementos (convectivos o no) en diferentes escalas. En definitiva, el desarrollo de modelos conceptuales referidos a la formación y evolución de Sistemas Convectivos de Mesoescala junto con una constante vigilancia mediante satélite (y en el futuro radar) son las únicas herramientas de que dispone el predictor por el momento. El desarrollo de estos modelos conceptuales es una labor lenta y requiere el análisis de muchos episodios para ir encontrando elementos comunes que puedan servir como guía el predictor operativo.

8. REFERENCIAS

- (1) NOTAS PREVIMET MEDITERRANEO. Instituto Nacional de Meteorología.
- (2) MAADOX, R. A. (1980): **Mesoscale Convective Complexes**. Bull. Am. Meteor. Soc. 69, pp. 1.374-1.378.
- (3) RIVERA, A. AND RIOSALIDO R. (1986): **Mediterranean Convective System as viewed by Meteosat**. VI Meteosat Users Meeting. Amsterdam.
- (4) RIOSALIDO, R.; RIVERA, A., and MARTIN LEON, F. (1988): **Development of a Mesoscale Convective System in the Spanish Mediterranean Area**. V Meteosat Users Meeting. Madrid.
- (5) RIOSALIDO, R.; RIVERA, A., and MARTIN LEON, F. (1989): **The life-cycle of a quasi-stationary Mediterranean Mesoscale Convective System**. European Geophysical Soc. XIV General Assembly. Barcelona.
- (6) RIOSALIDO, R.; RIVERA, A., y MARTIN LEON, F. (1988): **Identificación de un Complejo Convectivo de Mesoescala en el área mediterránea española**. VI Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid.
- (7) CENTRO MET. ZONAL DE VALENCIA: **Boletín Mensual de Precipitaciones**. Noviembre, 1987.
- (8) ZIPSER, E. J. (1987). **The evolution and structure of mesoscale convective systems as seen from satellite imagery**. Preprints Workshop on satellite and radar imagery interpretation. Reading. EUMETSAT.